



© Desoutter装配工具上的视觉定位系统能完美解决定位问题

电动汽车动力电池装配拧紧技术

文/马头动力工具 朱 倩

从手动工具，到气动工具，再到有线电动工具、无线电动工具和自动装配系统的过程，从以往传统汽车的装配过程进化史中，我们看到，科技的创新不仅改变了传统燃油汽车的生产制造，也对电动汽车产生了深远的影响。现在，动力电池作为电动汽车的重要零部件，已经走在了汽车工业创新装配的最前沿。

在交通运输领域，车辆的电动化已逐渐成为一种潮流。电动汽车利用来源多样化的电能取代传统的化石能源，不但可以显著提高能源转化效率，而且有助于减少温室气体排放、改善空气质量和降低噪声污染。此外，车辆的电动化还能提高国家的能源安全性，实现可持续发展，符合多种政策的要求。作为汽车行业中最具创新性的产业集群之一，电动汽车还具备增强经济和产业竞争力的巨大潜力，提高投资吸引力。

近年来，电动汽车市场在不断扩增，国家政策对电动汽车的扶持力度和汽车产业在电动汽车业务上的扩大投入都表明：这一趋势在未来10年

内不会减弱。作为纯电动汽车的“心脏”，动力电池直接决定了车辆的安全、寿命和性能。随着电动汽车的普及，不仅其应用范围和数量不断扩大，单只电池的能量也越来越高，在动力电池能量密度和性能不断提升的过程中，安全性也成为备受关注与争议的话题。

由于动力电池多为锂电池，其对温度和安全防护的要求极高。因此，锂电池的装配安全是电动汽车装配环节的重中之重。

动力电池装配的关键流程

动力电池系统是一个复杂的系统，包括电池

管理系统、外壳部分和众多的电池模组。电池包由多个模组组成，每个模组又由多个动力电芯串并联组合而成。电池管理系统，对电池进行监控和管理的系统，通过对电压、电流和温度等参数的采集、计算，进而控制电池的充放电过程，实现对电池的保护，保证电池组正常且安全的工作。

动力电池包的装配主要是对多个模组进行排列、紧固，检测接线盒。在装配过程中，有很多工位都涉及到安全连接，这些装配过程直接关系到整车乘员的安全。

动力电池包的关键装配流程具体如下：

1. 高低压连接器的装配

电池包或者BMS上分布有很多高低压连接器，这些接口的装配都是安全件，需要收集数据反馈，必须使用传感器式工具；接口拧紧时通常都是单手持工件，单手持工具，因此最好采用枪式工具，握持拧紧最为方便；扭矩范围不大，易选用紧凑型的工具。

2. 高压线束的安装

电池包内有总正总负的高压线束需要连接装配，模组充上电时，这部分连接的电压高达数百伏特。通常工位地面都会做绝缘处理，为高压防护工位。除此之外，在装配上也需要做绝缘处理，这部分工位的绝缘处理不仅影响着电池的安全，更影响着操作者的生命安全。

3. 高压铜巴的连接安装

高压铜巴用于连接模组之间的导通，电流大且使用密集，装配复杂，作为电池导通的关键结构，装配安全同样至关重要，装配的疏忽很有可能导致电池发生短路。

4. 模组安装

电池包由多个电池模块组成，电池模块的装配要求松紧度适中，各结构部件具有足够的强度，防止因电池内部外力的作用而发生变形或破坏。电池模组又由多个动力电芯串并联组合而成，电池模块的装配需要将电池模块固定在铝制箱体里，一般使用长螺栓穿过模组固定到箱体底部的螺母上；也有电池包为了节约空间，采用双层模组的形式，会有安装模组支架用于固定上层模组。

5. 上盖安装

为了减重，电池包通常采用铝制壳体。电池包铝制壳体上盖和下箱体之间通过数十个螺栓连接装配，螺栓数量多且分布规则，拧紧方向都为垂直向下，在装配时需要顺序拧紧，保证上盖拧

紧应力分布均匀。

动力电池的装配重难点及解决方案

从动力电池的关键装配流程可以了解到，动力电池的装配重难点主要集中在以下几方面：

1. 过流件问题

动力电池中有很多部件在装配时或者装配之后会通过电流，称之为过流件。这些过流点通常为接线端子，接线端子未锁紧，会造成端子连接处的接触不好，有较大的接触电阻，相当于在回路中串接了一个电阻。由于这个电阻的存在，在流过电流时，此处将发热；流过大电流时，接线端子上会有较大压降，此处会过热，有可能烧毁接线端子。

据此，建议使用传感器式电动工具，实时监控拧紧过程曲线，保证装配接线端子达到正确的扭矩，防止假贴合、假扭矩等情况发生。

2. 绝缘问题

电池模组在生产工厂中会进行充放电，安装和更换模组一般也都是在带电情况下进行操作。因此使用手持式有线工具就存在导电金属导通，最终形成回路的风险，电势差经由螺栓到拧紧工具，再到控制器，人手持着工具也会被串联到回路中。这种工况存在着很大的风险，因为在400~600 V下产生的短时电流就可以让人致命。而电池包的装配中存在着很多装配位置会有高达几百伏特的电压，在这些位置的螺栓装配时，绝缘的处理尤为重要。

因此在使用电动装配工具时，为了预防人员伤害，杜绝环境的危害和产品责任案件，严格遵循工具使用的绝缘要求非常重要。通过可靠且正确的方式使用装配工具能为生产提供安全、高效的装配解决方案。

如图1所示，Desoutter电动工具给出了专业的绝缘工具解决方案，工具采用专为电池包设计的绝缘输出头：绝缘输出头完全内置集成，防止错用常规套筒；保护操作者，防止放电打火；通过国际电工委员会认证（IEC），有效绝缘电压高达1 000 V/AC和1 500 V/DC。

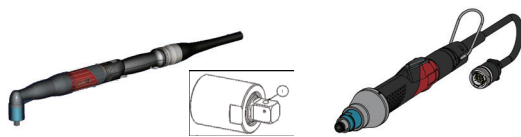


图1 Desoutter电动工具

3. 残余扭矩问题

在电池包的装配中，上盖工位、连接器装配工位等特别容易出现扭矩衰减的问题，主要是由于连接的位置安装有弹性材料、密封件等导致，所以在装配的时候要尤为注意螺栓拧紧的先后顺序，并需采用多段不同的螺栓装配拧紧速度，从而缓解螺栓的扭矩衰减。必要的时候还可以选用数显扭矩扳手检测螺栓的残余扭矩来进行质量的管控。

如下表所示，针对于不同的扭矩衰减产生的原因，会采用不同的方式缓解。

表 残余扭矩产生的原因及解决方法

产生原因	解决方法
被装配件的表面粗糙度：材料变形—局部嵌入	尽量避免部件的表面粗糙度过大，选择表面粗糙度较小的零部件
弹性连接材料：尤其是塑料或密封件	1. 降低最终拧紧的速度 2. 分步拧紧，如分步骤设置目标扭矩 3. 使用“拧紧 + 反松 + 最终拧紧”的方法
过快的装配速度、不合理的装配动作	1. 选用合适的工具 2. 多轴同步拧紧 3. 按照拧紧顺序来拧紧
其他：如装配过程中的温度	1. 避免不合理的摩擦 2. 避免热膨胀系数不同或相差过大

4. 拧紧顺序问题

电池包上盖等大平面的零部件拧紧装配时需要保证应力分布均匀，因此会有拧紧顺序要求。通过控制拧紧螺栓的先后顺序，保证应力分布得尽可能均匀，同时这也能从一定程度上缓解扭矩衰减的发生。

通常，工厂里常用的拧紧顺序控制是采用人机工程学的力臂通过编码器来实现对位置点的控



图3 集成了送钉与拧紧的自动化装配系统

制。这种方式比较常规，但是对于电池包上盖的螺栓定位并不是最优解，因为电池包上盖通常尺寸范围比较大，用力臂覆盖布置会很困难，人员操作也很困难，且容易有覆盖死角。在此，Desoutter专门为电池包上盖螺栓顺序拧紧定位设计的视觉定位系统能完美解决这一问题，视觉定位系统由红外摄像头实现三维坐标定位，定位精度高且稳定性好，安装操作十分方便。同时，它还能完美地与Desoutter的装配工具进行集成。

未来动力电池装配技术的展望

现在，动力电池作为电动汽车的重要零部件，已经走在了创新装配的最前沿，我们用到了很多的电动有线工具和无线工具，这些工具能很好地适应动力电池的装配工况，帮助动力电池这一关键部件实现全装配拧紧数据的可靠追溯。特别是无线电动工具（如图2所示），针对于动力电池扭矩不太大，产品操作范围较大的情况，能很好地兼顾便携灵活性与高性能的表现。

除此之外，自动化的装配系统（如图3所示）也在动力电池的装配中得到了广泛的应用，从电池包的上盖到模组的装配，自动化的装配系统帮助客户提高了防错等级，提高了产品的装配质量，加快了生产节拍，节省了人力资源，为动力电池乃至电动汽车走向智能制造往前迈进了一大步。EA



图2 无线工具智能拧紧中枢